

Bartosz JERZMAN

AKADEMIA MARYNARKI WOJENNEJ, WYDZIAŁ NAWIGACJI I UZBROJENIA OKRĘTOWEGO

Detekcja źródeł szumów podwodnych z wykorzystaniem falki Malvara

Bartosz JERZMAN

Absolwent III L.O. im. Marynarki Wojennej w Gdyni, maturzysta International Baccalaureate 2003 (matura międzynarodowa). Student czwartego roku nawigacji o specjalności morskie systemy informacyjne w Akademii Marynarki Wojennej.



e-mail: jerzman@gmail.com

Streszczenie

W referacie zamieszczono wyniki badań modelu detekcji źródeł szumów podwodnych, bazującego na estymacji funkcji gęstości prawdopodobieństwa rozkładu energii w pasmach dekompozycji falkowej sygnałów pomiarowych. Celem badań było ilościowe porównanie wyników detekcji zaburzeń powodowanych przez płetwonurka w środowisku podwodnym, z wykorzystaniem w procesie przetwarzania sygnałów pomiarowych falek Daubechies oraz Malvara. Wyniki badań wskazują, że wykorzystanie lokalnych transformacji Malvara pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie zastosowanej metody detekcji.

Słowa kluczowe: wielorozdzielcza analiza falkowa, falka Malvara, estymacja wielowymiarowej funkcji gęstości prawdopodobieństwa, szumy podwodne.

The detection of underwater noise sources using Malvar wavelet

Abstract

The paper presents the results of the research on the model of detection of the underwater noise sources. This model is based on the multivariate kernel density estimate of the energy of multidimensional wavelet coefficients. The conventional method of signal decomposition using Daubechies wavelet is compared with the algorithm which implements Malvar wavelet. This type of decomposition was adapted to the method of detection of underwater disturbances coming from unnatural sources. The outcome of theoretical considerations was supported by the figures presenting the results of simulation experiments on the real noise signals. The aim of the research was the numerical comparison and the evaluation of the effectiveness of the detection of signals generated by the diver using the Malvar wavelet or the standard Daubechies wavelet. The specific and distinct character of Malvar wavelet implementation strongly affects the method of detection thus the analysis of the results of the modification seems to be interesting. The research proved that the exploitation of local Malvar transforms reduces the number of computations, minimizes the detection result. Moreover, it enables greater flexibility as far as the parameter selection is concerned.

Keywords: multiresolution wavelet analysis, Malvar wavelet, multivariate kernel density estimation, underwater noise.

1. Wprowadzenie

W pracy [1] przedstawiono metodę detekcji źródeł szumów podwodnych, których przejawem aktywności są lokalne niestacjonarności w sygnałach pomiarowych. Istotą opisanego algorytmu wykrywania i lokalizacji zaburzeń w środowisku podwodnym jest analiza rozkładu probabilistycznego współczynników falkowych oraz zastosowanie falki Daubechies w procesie wstępnego przetwarzania sygnałów pomiarowych.

Badanie rozkładu współczynników analizy falkowej umożliwia określenie obszaru normy dla sygnałów szumowych reprezentatywnych dla szumów środowiska pomiarowego, a tym samym detekcję sygnałów pochodzących od aktywności obiektów funkcjonujących w tym środowisku.

Mając na względzie, oscylacyjny charakter zaburzeń w sygnałach pochodzących od obiektów podwodnych, w artykule zaproponowano modyfikację metody opisaną w pracy [1], bazującą na wykorzystaniu w procesie przetwarzania sygnałów pomiarowych falki Malvara, która lepiej aproksymuje składowe oscylacyjne niż falki Daubechies.

Badania eksperymentalne przeprowadzono na sygnałach reprezentatywnych dla aktywności płetwonurka w środowisku podwodnym.

2. Podstawy teoretyczne

Przetwarzanie sygnałów pomiarowych obejmuje: dekompozycję falkową, wyznaczenie cech osobniczych oraz estymację funkcji gęstości prawdopodobieństwa cech osobniczych.

2.1. Falka Daubechies

W cytowanej pracy [1] do analizy falkowej wykorzystano falkę z rodziny Daubechies. Dzięki translacjom i skalowaniu falki podstawowej zostaje utworzony zbiór ortonormalnych funkcji bazowych, które cechują się dobrą lokalizacją w czasie i ograniczonym pasmem w dziedzinie częstotliwości [2]. Dekompozycję falkową można również interpretować jako filtrację badanego sygnału przez zbiór falek. Poprzez filtrację sygnału za pomocą funkcji skalującej lub falek otrzymuje się odpowiednio: współczynniki aproksymacji (składowe niskoczęstotliwościowe) oraz szczegóły (składowe wysokoczęstotliwościowe) [3, 4]. Współczynniki aproksymacji są kombinacją liniową funkcji skalującej i falek z poziomu wyższego. W algorytmie dekompozycji na ogół rozwijana jest gałąź dolnoprzepustowa z drzewa binarnego, którą tworzy zespół filtrów. Sygnał rozpinany za pomocą współczynników aproksymacji wyższego rzędu, czyli z dwukrotnie mniejszą rozdzielczością, jest mniej szczegółowy ze względu na utratę części informacji zawartej we współczynnikach detali [2, 5].

2.2. Falka Malvara

Zastosowanie falki Malvara do zagadnienia detekcji źródeł szumów podwodnych ma swoje uzasadnienie w tym, że współczynniki falki Malvara tworzą bazę ortonormalną funkcji $L^2(\mathfrak{R})$, przez co własności statystyczne współczynników będących wynikiem przekształcenia falkowego są zgodne z własnościami statystycznymi sygnału w dziedzinie czasu. Co więcej współczynniki te są zdefiniowane przez funkcję harmoniczną, której własności odzwierciedlają oscylacyjny charakter niestacjonarności analizowanych sygnałów. Atutem zastosowania falki Malvara jest wykorzystanie algorytmu szybkiego przekształcenia Fouriera do obliczenia współczynników falkowych.

Istotą wielorozdzielczej analizy dla falki Malvara jest podział sygnału na segmenty, które na kolejnym poziomie są o połowę krótsze. Dekompozycję sygnału wykonuje się za pomocą lokalnych transformacji Malvara [6].

Falka Malvara dziedziczy własności dyskretnego przekształcenia kosinusowego, które charakteryzuje się koncentracją energii sygnału w dolnej części widma. Współczynniki wysokoczęstotliwościowe są bliskie lub równe zeru [7].

Uwzględniając własności falki Malvara opracowano taki sposób dekompozycji sygnałów pomiarowych, aby uzyskać zgodność parametrów przestrzeni cech osobniczych sygnałów z odpowiednimi parametrami modelu opisanego w pracy [1]. Istotą przetwarzania sygnałów za pomocą falki Malvara opisano w p. 3.

2.3. Estymacja funkcji gęstości prawdopodobieństwa

Estymacja funkcji gęstości prawdopodobieństwa cech osobniczych sygnałów pomiarowych ma na celu dostarczenie danych do realizacji algorytmu detekcji zaburzeń powodowanych aktywnością obiektu w środowisku podwodnym. Do wyznaczenia omawianej funkcji, zastosowano nieparametryczną metodę tzw. jądrowej estymacji gęstości prawdopodobieństwa, opisaną w pracy [1].

Niech \mathbf{x} oznacza wektor w n -wymiarowej przestrzeni cech osobniczych sygnału. Dalej, niech $\bar{\mathbf{x}}$ oznacza wartość oczekiwaną zbioru wektorów \mathbf{x} . Przy tych założeniach, tak zwany jądrowy estymator funkcji gęstości prawdopodobieństwa ma postać [8]:

$$\hat{f}(\mathbf{x}) = \frac{(\det \mathbf{S})^{-1/2}}{(2\pi)^{n/2} \cdot T \cdot h^n} \sum_{i=1}^T \exp\left(-\frac{(\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}})^T \mathbf{S}^{-1} \cdot (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}})}{2h^2}\right) \quad (1)$$

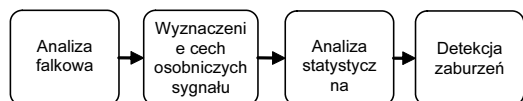
gdzie:

- \mathbf{S} - macierz kowariancji,
- h - parametr wygładzający rozkładu,
- n - liczba składowych wektora \mathbf{x} .

Wynikiem estymacji (1) jest wektor cech osobniczych sygnału o długości T .

3. Algorytm przetwarzania sygnałów pomiarowych

Wieloetapowy proces przetwarzania sygnałów pomiarowych obejmuje wyznaczenie cech osobniczych sygnału oraz detekcję lokalnych niestacjonarności, będących następstwem zaburzeń powodowanych aktywnością obiektu w środowisku podwodnym.



Rys. 1. Schemat blokowy algorytmu przetwarzania sygnałów pomiarowych
Fig. 1. The block scheme of the signal processing

W algorytmie przetwarzania sygnałów pomiarowych można wyróżnić następujące moduły funkcjonalne:

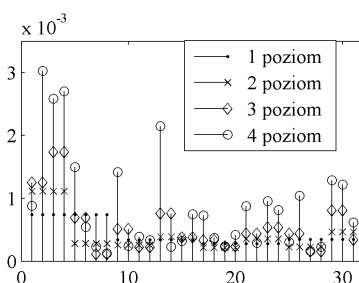
- moduł analizy falkowej,
- moduł wyznaczania cech osobniczych sygnału,
- moduł analizy statystycznej,
- moduł detekcji.

Sygnały pomiarowe spróbkowane z częstotliwością 5,12 kHz wstępnie podzielono na rekordy o długości 4096 próbek, co odpowiada czasowi trwania sygnału równemu 0,8s. Następnie, dla każdego rekordu wykonywano czteropoziomą dekompozycję falkową, przy czym w przypadku falki Daubechies, do wyznaczenia wektora cech osobniczych sygnału wykorzystywano współczynniki aproksymacji. Zatem, wynikiem analizy falkowej były cztery zbiory współczynników falkowych o liczebnościach: 2048, 1024, 512 oraz 256.

Postępując zgodnie z metodyką opisaną w pracy [1], zbiory współczynników falkowych wykorzystano do wyznaczenia cech osobniczych sygnału. Podniesione do kwadratu współczynniki falkowe, reprezentują energię sygnału na każdym poziomie jego dekompozycji, zatem ich wartości mogą być traktowane jako przejaw aktywności lub nieaktywności obiektów w środowisku podwodnym. Mając na względzie powyższe oraz uwzględniając warunki stabilności jądra estymatora funkcji gęstości prawdopodobieństwa (1), dla każdego zbioru współczynników falkowych wyznaczono 128 wartości energii uśrednionej w ramach okien o długościach: 16, 8, 4 oraz 2, stosownie do poziomu dekompozycji analizowanego sygnału. Podsumowując, na wyjściu modułu wyznaczania cech osobniczych sygnału otrzymuje się 128 wekto-

rów czteroelementowych, których składowymi są wartości uśrednionej energii współczynników falkowych.

Jak już wspomniano wcześniej, uwzględniając własności falki Malvara, opracowano sposób dekompozycji sygnałów pomiarowych zapewniający zgodność parametrów przestrzeni cech osobniczych sygnałów z modelem opisanym dla falki Daubechies. Aby uzyskać 128 czteroelementowych wektorów (w przestrzeni cech osobniczych sygnału), rekordy próbek sygnału o długości 4096 dzielono na 128 podrekordów, na których wykonywano czteropoziomą dekompozycję zgodnie z algorytmem Mallata [9]. Wynikiem analizy falkowej były cztery wektory współczynników Malvara o długościach odpowiednio równych 128, 64, 32 oraz 16. Z uwagi na silną koncentrację współczynników falkowych w pierwszej połowie ich widma (cecha falki Malvara), tylko dla tych współczynników wyznaczano średnią energię w pasmach dekompozycji sygnału. Interpretację graficzną przykładowego 32 elementowego zbioru wektorów cech osobniczych sygnału przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wektor cech osobniczych dla $T=32$
Fig. 2. Vector of the distinguishing features for $T=32$

W module analizy statystycznej został zaimplementowany algorytm wyznaczania tzw. jądrowego estymatora funkcji gęstości prawdopodobieństwa (1). Danymi wejściowymi są czteroelementowe wektory cech osobniczych sygnału, zaś wynikiem obliczeń jest T – elementowy wektor, gdzie T jest równe liczebności wektorów danych wejściowych. W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych potwierdzono, że dla czteroelementowych wektorów danych wejściowych pochodzących z próby losowej o rozkładzie gaussowskim, jądro estymatora funkcji gęstości prawdopodobieństwa jest stabilne w sensie obliczeniowym dla T niemniejszego niż 64. Podobny rezultat uzyskano w pracy [10]. Uwzględniając powyższe, w procesie estymacji jądrowego estymatora funkcji gęstości rozkładu prawdopodobieństwa przyjęto liczebność wektorów danych wejściowych równą 128.

Wykorzystanie jądrowego estymatora funkcji gęstości prawdopodobieństwa w procesie detekcji zaburzeń w sygnałach pomiarowych powodowanych aktywnością obiektu w środowisku pomiarowym obejmuje dwa etapy. Pierwszy, to wyznaczenie estymatora dla danych reprezentatywnych dla cech osobniczych naturalnych szumów środowiska pomiarowego. Drugi, to wyznaczenie estymatora dla sekwencji wektorów cech osobniczych analizowanych sygnałów i porównanie obu estymatorów w sensie statystycznym. Istotą omawianej procedury jest kolejne dołączanie czteroelementowego wektora cech osobniczych analizowanego sygnału do zbioru wektorów reprezentatywnych dla szumów naturalnych środowiska pomiarowego poprzez eliminację jednego wektora z tego ostatniego tak, aby liczebność 128 – elementowego zbioru nie ulegała zmianie. Takie postępowanie prowadzi do adaptacyjnego wyznaczania obszaru normy w przypadku, gdy estymatory funkcji gęstości prawdopodobieństwa nie różnią się w sensie statystycznym oraz detekcji niejednorodności w sygnałach pomiarowych w przypadku przeciwnym.

Hipotezę testową można zdefiniować następująco:

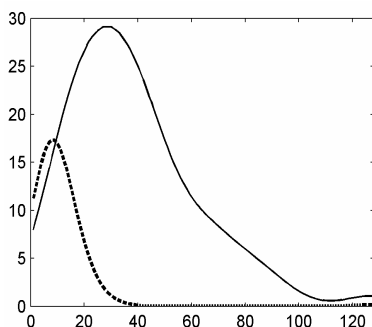
- H_0 : rozkłady prawdopodobieństwa są zgodne,
- H_1 : rozkłady prawdopodobieństwa nie są zgodne. (2)

Dla potrzeb weryfikacji hipotezy o zgodności obu estymatorów wykorzystano statystykę [1]

$$\frac{\#\{\hat{f}_i(\mathbf{x}_i) \leq \hat{f}(\mathbf{x})\}}{T} \quad (3)$$

gdzie:

- $\hat{f}_i(\mathbf{x}_i)$ - estymator gęstości prawdopodobieństwa dla sekwencji wektorów cech osobniczych,
 $\hat{f}(\mathbf{x})$ - estymator gęstości prawdopodobieństwa dla danych reprezentatywnych dla cech osobniczych naturalnych szumów środowiska pomiarowego.



Rys. 3. Jądrowy estymator gęstości prawdopodobieństwa a) dane reprezentatywne dla naturalnych szumów środowiska podwodnego, b) dane reprezentatywne dla zaburzeń w środowisku podwodnym

Fig. 3. Kernel density estimate a) data representative of the natural noise of underwater environment, b) data representative of underwater disturbances

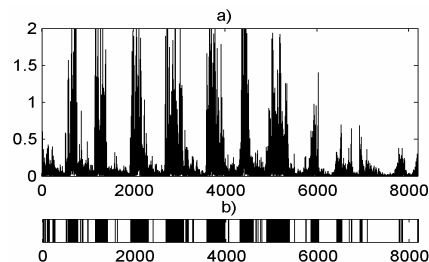
Na rys. 3 przedstawiono dwie funkcje gęstości rozkładu prawdopodobieństwa. Linia ciągła przedstawia jądro estymatora funkcji odpowiadającej rozkładowi energii współczynników falkowych sygnału reprezentatywnego dla naturalnych szumów środowiska podwodnego. Odpowiednio linia przerywana, przedstawia jądro estymatora funkcji gęstości prawdopodobieństwa obliczony po dodaniu do zbioru wektorów, wektora danych pochodzącego z analizowanego sygnału. Porównanie obu funkcji polega na testowaniu hipotezy (2) przy wykorzystaniu statystyki (3). To jest sprawdzeniu, ile współczynników zaktualizowanej funkcji gęstości prawdopodobieństwa jest większych od współczynników funkcji wyznaczonej dla danych reprezentatywnych dla szumów naturalnych środowiska podwodnego. Równość estymatorów funkcji gęstości prawdopodobieństwa testowano na poziomie istotności równym 0.05.

4. Wyniki badań eksperymentalnych

Badania algorytmów detekcji źródeł szumowych wykazały, że dekompozycja falkowa za pomocą transformacji Malvara pozwala uzyskać większą efektywność detekcji niż w przypadku stosowania falki Daubechies. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono rozkłady uśrednionej energii współczynników falkowych w pasmach dekompozycji oraz wynik detekcji zaburzeń, gdzie kolorem czarnym oznaczono wektory, które zidentyfikowano jako zaburzenia. Celem badań eksperymentalnych było ilościowe porównanie parametrów detekcji zaburzeń za pomocą obu falek. Ocena takich parametrów jak: liczba współczynników falkowych niezbędna do wyznaczenia cech osobniczych sygnałów pomiarowych i czas obliczeń, pozwoliła określić efektywność procesu detekcji za pomocą obu falek.

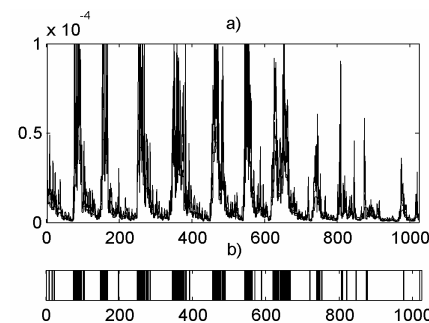
Badania eksperymentalne wykazały, że do określenia cech dystyngtywnych źródeł szumowych sygnałów pomiarowych dla ciągu próbek wartości chwilowych o długości 262,144 wymagane są 1024 wektory cech osobniczych w przestrzeni współczynników Malvara. Z drugiej strony, aby badany sygnał szumowy reprezentować w przestrzeni współczynników Daubechies i móc określić jego cechy dystyngtywne, należało obliczyć 8192 wektory cech

osobniczych. Zatem zastosowanie falki Malvara pozwoliło osiągnąć ośmiokrotny zysk obliczeniowy w procesie detekcji zaburzeń, z uwagi na ośmiokrotną redukcję liczby wykonywanych estymacji jądrowych, które obliczane są po każdorazowej aktualizacji obszaru normy nowym wektorem cech osobniczych.



Rys. 4. a) Rozkład energii sygnału w przestrzeni współczynników Daubechies, b) wynik detekcji zaburzeń

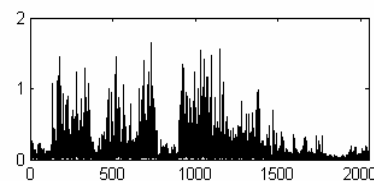
Fig. 4. a) Energy distribution of the signal in the Daubechies coefficients space, b) the result of the detection



Rys. 5. a) Rozkład energii sygnału w przestrzeni współczynników Malvara, b) wynik detekcji zaburzeń

Fig. 5. a) Energy distribution of the signal in the Malvar coefficients space, b) the result of the detection

Na rys.6 przedstawiono 2048 wektorów cech osobniczych sygnału pomiarowego z przestrzeni współczynników Daubechies obliczonych dla próby o tej samej długości. Badania obejmujące wyznaczenie cech dystyngtywnych szumów podwodnych dla potrzeb lokalizacji niestacjonarności w sygnale za pomocą mniejszej liczby współczynników Daubechies, przy zachowaniu niezmiennych pozostałych parametrów analizy, przyniosły wyniki negatywne.



Rys. 6. Rozkład energii sygnału w przestrzeni współczynników Daubechies

Fig. 6. Energy distribution of the signal in the Daubechies coefficients space

Kolejnym aspektem związanym z większą efektywnością falki Malvara jest kompresja. Transformacje kosinusowe, na których oparta jest falka Malvara, są szeroko stosowane w wielu algorytmach kompresji danych [11]. Własności kompresyjne falki Malvara sprawiają, że liczba współczynników falkowych potrzebna do reprezentacji cech osobniczych sygnału może zostać znacznie zredukowana. W efekcie, dla falki Malvara na tym samym poziomie skuteczności detekcji wymaganych jest osiem razy mniej współczynników energii niż jest to konieczne dla falki Daubechies.

5. Podsumowanie

Badania opracowanego algorytmu dla falki Malvara wykazały jej większą efektywność niż zastosowanie analizy falkowej Daubechies. Dekompozycja Malvara lepiej aproksymuje składowe oscylacyjne zaburzeń szumów tła, z uwagi na harmoniczne funkcje bazowe. Wektor współczynników reprezentujących wykryte zaburzenia posiada mniejszy wymiar niż dla falki Daubechies. Zastosowanie falki Malvara umożliwia również zmniejszenie wymaganej mocy obliczeniowej w realizacji algorytmu detekcji.

Własności falki Malvara wykazują jej większą przydatność w analizie, nie tylko zaburzeń szumów podwodnych, ale wszędzie tam, gdzie przeprowadzana jest identyfikacja źródeł sygnałów niestacjonarnych.

6. Literatura

- [1] W. J. Krzanowski, T. C. Bailey, T. Spatinas, K. J. Powell: Signal Detection in Underwater Sound Using Wavelets, Journal of the American Statistical Association, March 1998, Vol. 93, No. 441.
- [2] P. Augustyniak: Transformacje falkowe w zastosowaniach elektrodiagnostycznych, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2003.
- [3] G. Strang, T. Nguyen: Wavelets and Filter Banks, Wellesley Cambridge Press 1996.
- [4] T. P. Zieliński: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów – Od teorii do zastosowań, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2005.
- [5] J.T. Białasiewicz: Falki i aproksymacje, Wydawnictwa Naukowe - Techniczne, Warszawa, 2000.
- [6] W. Kiciński: Dyskretne przekształcenie kosinusowe – nowe narzędzie w przetwarzaniu sygnałów pomiarowych, Materiały Kongresu Metrologii 2007, praca w druku.
- [7] K.R. Rao: Discrete Cosine Transform – Algorithms, Advantages, Applications, Academic Press, London, 1997.
- [8] D.W. Scott, S.R. Sain: Multi-dimensional density estimation, Handbook of Statistics, Vol.23, 31 August 2004.
- [9] S. Mallat: A wavelet tour of signal processing, Academic Press, London, 1999.
- [10] B.W. Silverman: Density Estimation for Statistics and Data Analysis, Chapman and Hall, London, 1986.
- [11] K. Sayood: Kompresja danych – wprowadzenie, Wydawnictwo RM, Warszawa, 2002.

Artykuł recenzowany

KONFERENCJE NAUKOWO-TECHNICZNE



KONGRES METROLOGII

Drogie Koleżanki i Koledzy Metrologzy,

Serdecznie zapraszamy Państwa do udziału w kolejnym Kongresie Metrologii, który odbędzie się w dniach od 9 do 13 września 2007 roku w Krakowie. Będziecie Państwo Gośćmi Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica, która w roku 2009 obchodzić będzie 90-lecie istnienia. Organizatorem Kongresu jest Katedra Metrologii na Wydziale Elektrotechniki Automatyki Informatyki i Elektroniki, której także "stuknęło" już 50 lat.

Hasło Kongresu brzmi: **Metrologia - narzędziem poznania i drogą rozwoju**. W tematyce Kongresu chcemy szczególnie zaakcentować: nowe kierunki rozwoju metrologii, nowe narzędzia poznawania mierzonych procesów, obiektów i sygnałów oraz nowe obszary zastosowań metrologii. W naszym zamiarze nowość oraz interdyscyplinarność i oryginalność tematyki powinna być głównym wyróżnikiem naszych prac, które po recenzjach opublikujemy w materiałach Kongresu. Liczymy na mobilizację Państwa energii w przygotowaniu interesujących i odważnych tematów wystąpień oraz na Państwa udział w ożywionej i rzeczowej dyskusji. Tematyka Kongresu przedstawia się następująco:

I. Współczesne problemy metrologii

1. Mikrosystemy pomiarowe; zagadnienia sprzętowe i projektowe, nowe technologie
2. Systemy rozproszone i bezprzewodowe; interfejsy i protokoły, kompresja i transmisja danych
3. Fuzja danych pomiarowych; identyfikacja modeli złożonych procesów i obiektów
4. Metody i algorytmy analizy danych
5. Nowe problemy przetwarzania a/c; granice szybkości i rozdzielczości
6. Czujniki i przetworniki z modulacją światła, czujniki elektrochemiczne i inne

II. Nowe metody pomiarowe w zastosowaniach

1. Pomiary biomedyczne; metody diagnostyki i analizy medycznej
2. Pomiary konwencjonalnych i nie konwencjonalnych źródeł i przetworników energii
3. Pomiary technologiczne i transportowe; obiekty "inteligentne"

4. Pomiary środowiskowe; rozpoznawanie stanów zagrożenia
5. Pomiary i diagnostyka obiektów mechanicznych, pomiary akustyczne
6. Pomiary w zastosowaniach militarnych

III. Współczesne problemy podstaw metrologii; dydaktyka metrologii

1. Teoria i modelowanie systemów pomiarowych
2. Wzorce i wielkości odniesienia; pomiary dokładne, wzorcowanie i metrologia prawna
3. Pomiary kwantowe, wzorce kwantowe
4. Błędy, niepewności, wrażliwość
5. Dydaktyka metrologii; plany studiów, nowe treści w podręcznikach

Mamy nadzieję, że rozproszeni w różnych branżach znajdziemy chwilę czasu na spotkanie przy tematyce, która nas łączy. To jest główny cel, dla którego Kongres organizujemy.

Jest jednak i cel drugi, równie istotny. Ten cel - to Kraków, miasto stare i tajemnicze, po którym krążą duchy przeszłości i w którym mieszka geniusz tego Narodu. Chcemy dać Państwu okazję do dotknięcia ponad 600-letnich murów krakowskiej Almae Matris - wszak my wszyscy z Niej! Chcemy dać okazję do spaceru ulicami, po których chodził Kopernik oraz do chwili zadumy nad przeszłością w komnatach Wawelu.

Jest i cel trzeci, bo przecież nie tylko poważną strawą duchową człowiek, a zwłaszcza metrolog żyje. Zachęcamy Państwa do udziału w spotkaniach o charakterze towarzyskim.

Jesteśmy przekonani, że w ciągu tych dni kongresowych nudzić się Państwo nie będziecie. Przeciwnie - zyskacie Państwo nie tylko satysfakcję zawodową, obywatelską i towarzyską, ale i miłe wspomnienia.

Zatem - do zobaczenia!

Przewodniczący Komitetu Naukowego
Kongresu Metrologii 2007

Prof. Michał Szyper

Przewodniczący Kongresu

Prof. Janusz Gajda